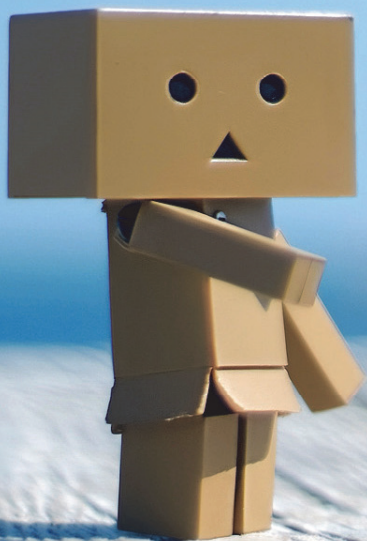


3D Printer, **Society Changes It**, or **It Changes Society**?

**3Dプリンタ, 社会で変わるのか, 社会が変わるのか?**

- The **Exploration and Practice** of the Digital **Nature** is Asked !
- **問われているデジタルの本質の探究と実践!**



inkcube.org

Keio University Institute at SFC  
慶應義塾大学 SFC研究所

Masahiko FUJII  
藤井 雅彦

# 着実に活用が進む3Dプリンタ(AM)

3Dプリンタと社会の関係について、2つの異なる方向性(方法)を考えたい。

## 社会が3Dプリンタを変える

3Dプリンタは社会の要請に  
どう応えるのか？



社会変化に対応するための新しい道具  
(武器)である

3Dプリンタに対する現在の主流の考え方



## 3Dプリンタが社会を変える

動き(の方向)を変える  
難しさ



サプライチェーン, 法律, 教育, そして私たちの  
思考を変える。

3Dプリンタで社会の仕組みを変え,  
イノベーションを起こすには？

3Dプリンタ  
(Additive Manufacturing)



社会が3Dプリンタを変える



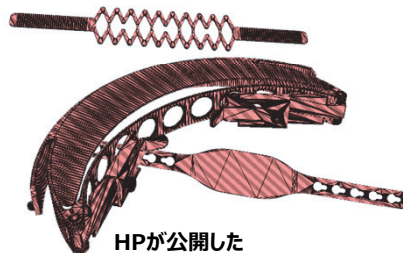
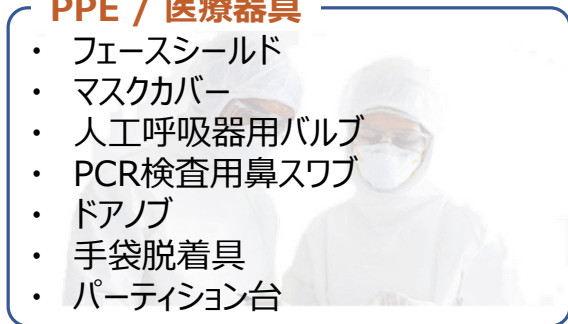
## 3Dプリンタの利点：型不要，高いデジタル親和性

### 新型コロナの感染拡大

3DプリンタはPPE(Personal Protective Equipment)の作成や，迅速な医療機器の部品供給等，感染(拡大)防止活動に貢献.

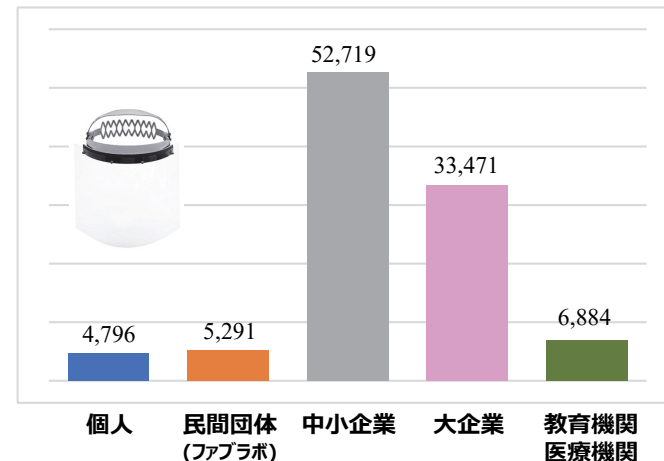
#### PPE / 医療器具

- ・ フェースシールド
- ・ マスクカバー
- ・ 人工呼吸器用バルブ
- ・ PCR検査用鼻スワブ
- ・ ドアノブ
- ・ 手袋脱着具
- ・ パーティション台



HPが公開した  
フェースシールドデータの1例

<https://reinvent.hp.com/us-en-3dprint-COVID-19-containment-applications>



3Dプリンタで作成されたフェースシールド数(国内)  
(2020年9月まで)

(出典：M. Aoki, Proceeding of 4DFF2020)

- Hewlett PackardはPPE用の3Dデータを公開し，全世界で30社以上の企業が400万点のPPE用部品を供給.
- 国内では，ファブラボの取り組みに始まり，全国のさまざまな組織で多くのPPE製作が行われた。  
また，3Dデータの公開により製作件数が急速に増加した.







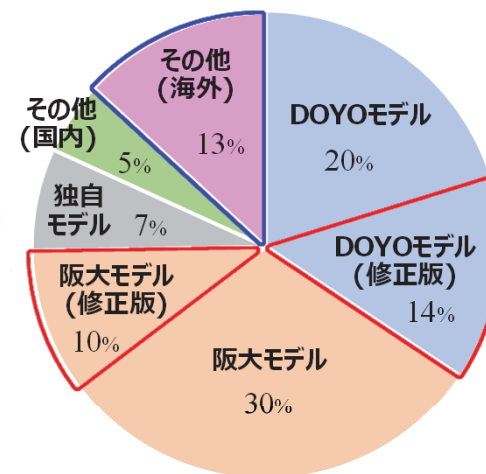
- フェイスシールド用3Dデータはインターネット上(HP/GitHub)で公開され、製造・加工が急増した。
- 多くの改善版(修正版)が作成され、海外のモデルも使用された。  
デジタルデータは設計情報の共有を容易にする。

このような活動は広く報告され、評価されている。

しかし、これで十分か？



さらなる発展のための課題は？ 次のチャレンジのための課題は？



公開されたフェイスシールド用3Dデータ  
(2020年9月まで)

(出典：M. Aoki, Proceeding of 4DFF2020)



3Dデータの取り扱い(モデリング, 修正)には高い専門性が必要。



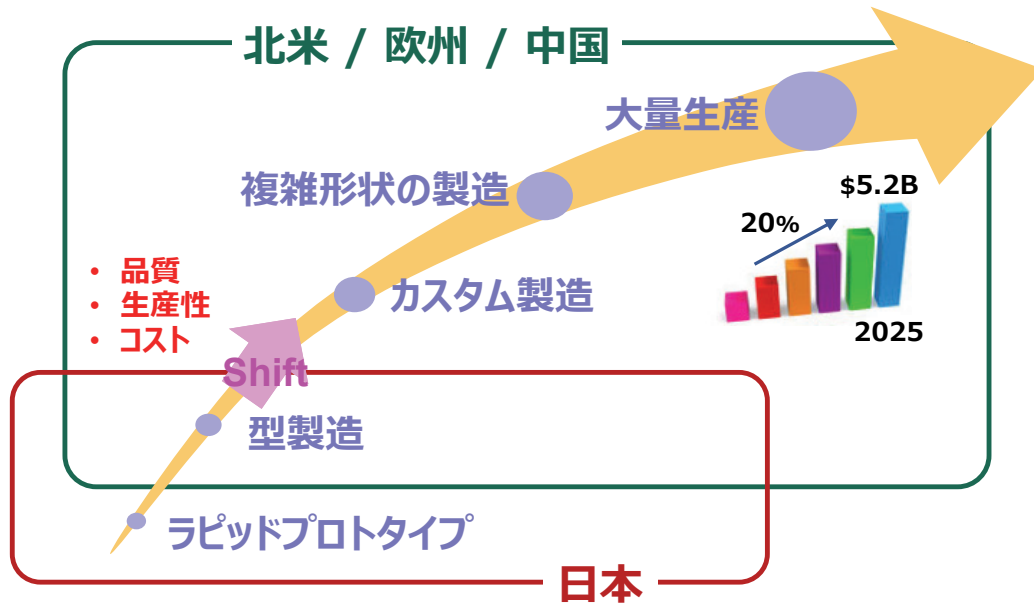
多くの人に関わることができるが、効率的な運用やトラブル時の責任の所在が不明確。



多くの場合、医療関係者が関与していない(専門的な観点の欠如)。



# 社会が3Dプリンタを変える (ケース2) 量産設備としての3Dプリンタ



50台以上の3Dプリンタ導入,  
年間30万点以上の部品を生産

<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/nmc/18/00011/00089/>

- **大量生産設備**としての要件(品質, 生産性, コスト)を満たすように, 3Dプリンタの開発(性能進化)が進みつつある(変わりつつある).
- リードタイムの短縮や金型コストの削減等, **コスト競争力が活かせる領域**から3Dプリンタの活用が始まり, 北米 / 欧州 / 中国では大量生産にシフトしている.

## サプライチェーンの変化

### (従来型)チェーンタイプ



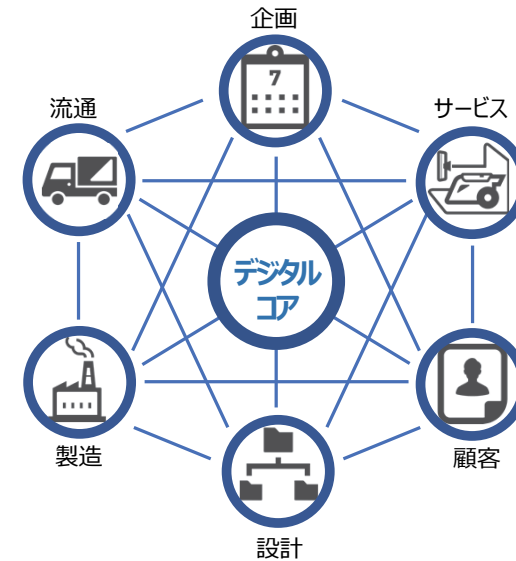
- 3Dプリンタの活用事例がますます増加し、3Dプリンタを活かせる環境(サプライチェーン)も整いつつある。
- 3Dプリンタは、従来の製造方法よりも優れているケース(領域)のみ使用されている。



それだけで良いのか?

- 3Dプリンタをより有効に(本当の能力を)活用できる環境(新たなサプライチェーン)を構築する必要がある。
- サプライチェーンのみならず、3Dプリンタの本質の生かし方を考える必要がある。

### ネットワークタイプ (エコシステムタイプ)



- デジタルデータの交換(流通)は容易(3Dプリンタ向き)。
- サプライチェーンの断絶による影響は軽減される。



# 3Dプリンタが社会を変える

: 社会を変えるための課題と取り組み



# 既存の制約を取り払う3Dプリンタ



これまでの3Dデザイン (設計者)

- 金型・切断刃からの離型性・到達可能範囲(形状制限)
- 材料種(数)の制限
- 単色

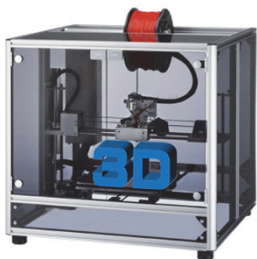
既存の製造方法(射出成形, 切削加工)の **制約** を前提とした  
設計の最適化(機能, 強度, コスト等)

そのために教育やK/Hの継承が行われてきた。

3Dプリンタ登場!



これらの制約は取り払われた



複雑形状 / 内部構造



材料混合 / 傾斜配分



フルカラー (表面 / 内部)

3Dプリンタ(造形)を前提にした設計の最適化は、全く異なるアプローチであるべき。

- 3Dプリンタの活用が進んでいるが、まだなお従来方法(射出成形, 切削加工)より優れているケース(領域)に限られている。



間違った方向ではない



- しかし、今こそ3Dプリンタでしかできないことに挑戦する時である。

## 1. 新しい機能やメカニズムを獲得する

複雑な内部構造, 材料混合, 傾斜配分, 一体造形等.



▶ 新しいデザイン思考への転換(DfAM, DAVoF)

## 2. デジタルデータ(3Dデータ)の本質を引き出す 新しいサプライチェーンの構築

▶ 新しいプロジェクト型サプライチェーン

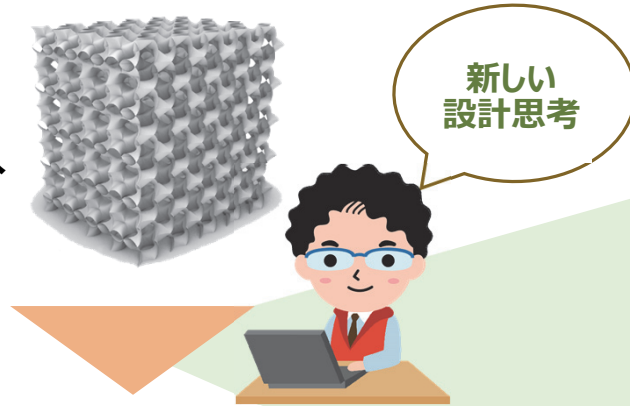
## 3. ロングテールマーケットの獲得

▶ 誰もが3Dデータを扱えるようになる新しい  
3Dデータハンドリング技術(ツール)  
(実現に必須となる)新しい3Dデータフォーマット



# 3Dプリンタが社会を変える 新しい(3D)デザイン思考

一体造形  
複雑な内部形状  
材料混合 / 材料の傾斜配分



## 新しい設計思考

### DfAM

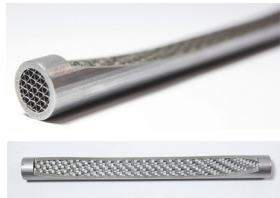
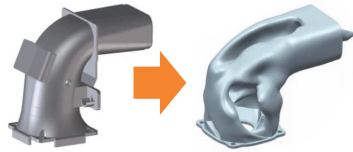
(Design for Additive Manufacturing)

### STEAM Education

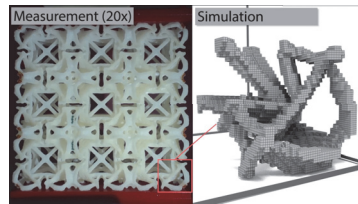
(Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)

### DABoF

(Database of Function)



軽量化, 高性能化



新しい物理特性を持つ  
メタマテリアル  
(Meta Material)

Desai Chen, Computational discovery of extremal microstructure families, Science Advances, Vol.4 (2018)



(製造)精度を求めない  
新しいモーション機構

<https://hpi.de/baudisch/projects/metamaterial-mechanisms.html>

表面 / 内部構造

材料情報

物理 / 化学反応

関連付

機能  
特性



# 新しいプロジェクト型サプライチェーン



既存のサプライチェーン

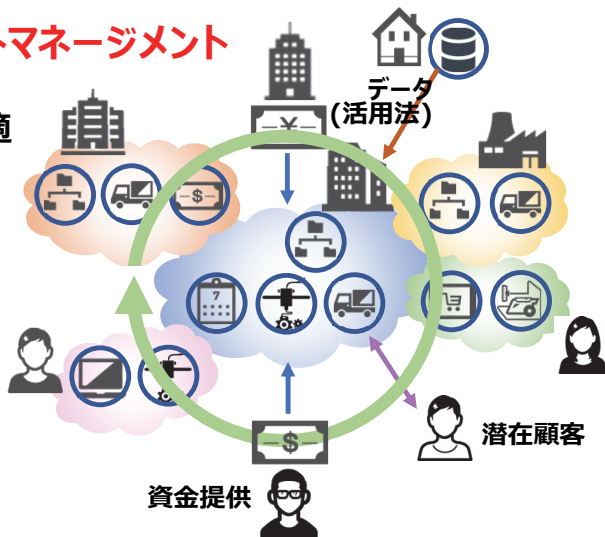
3Dプリンタの特性を生かした  
新しいサプライチェーンの構築

流れを変える

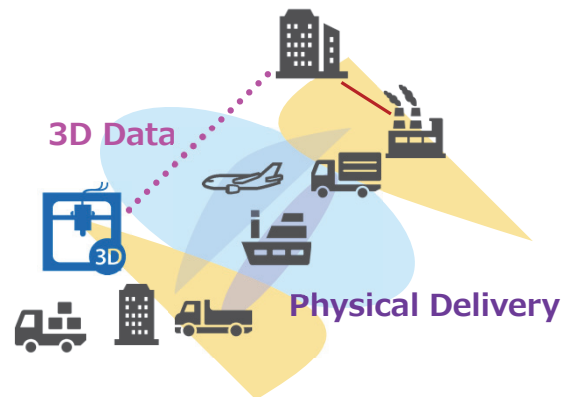
さらにデジタルデータを中心に

## プロジェクトマネジメント

目的を共有し、役割と利益を適切に配分するプロジェクトマネジメントが必要。  
(建築プロジェクトでは実践済)



プロジェクト型サプライチェーン



デジタルデータの流通

様々なメンバーが、様々な役割で  
参加(貢献)することが可能

## プロジェクト型サプライチェーンの特徴

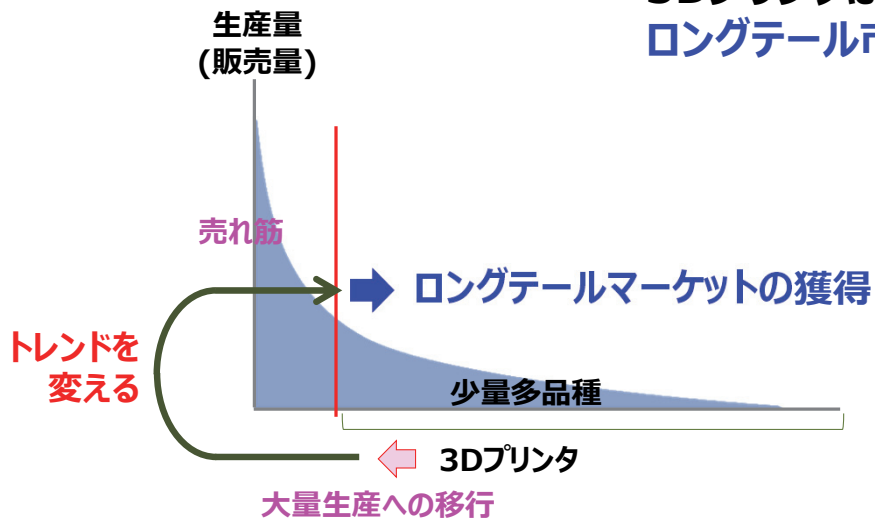
- 様々なメンバー(役割)が参加することができる。  
(アジャイル開発, リーンスタートアップも可能)
- 製品(プロジェクト)によりメンバーの再配置,  
再構成を行う。

VENTILATOR CHALLENGE | UK

2020年3月発足  
13,000台生産  
2020年7月解散

# ロングテールマーケットの獲得と課題

3Dプリンタは大量生産だけでなく、本質を活かし  
ロングテール市場にも進出すべきである。



## 課題

誰が(自分のための)マスカスタマイズデザインをするのか?

誰もが3D CADを扱うのか? ... **NO!**

&

既存3Dデータは扱いやすいか? ... **NO!**

既存の3Dデータフォーマットは、複雑な内部構造やフルカラー、  
容易な編集に対応しているか?

... **NO!**

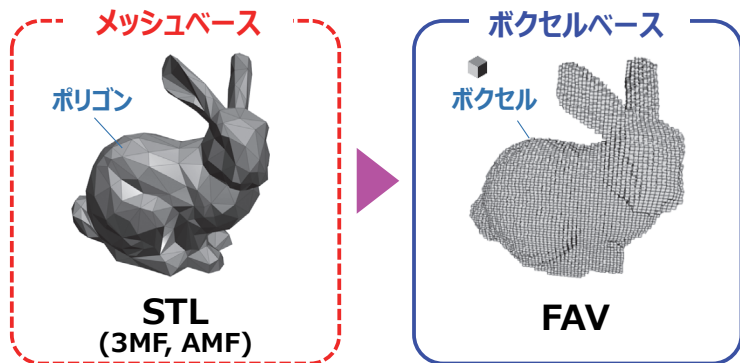
課題を解決し、トレンドを変える



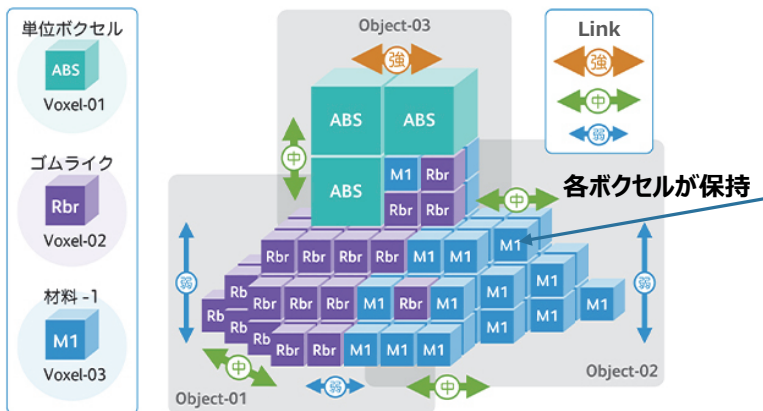
ボクセルベースの新しい3Dデータフォーマット, デザインツール



# 新しい3DデータフォーマットFAVとデザインツール



Minecraft  
(ボクセルを使ったシンプルなデザインツールとも言える)



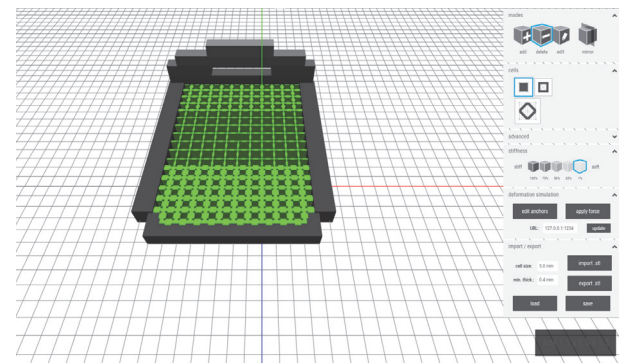
FAV  
(Fabricatable Voxel)

## ボクセルベースの3Dデータフォーマット FAV

3Dプリンタの能力を発揮するために必要な情報

- ・カラー情報 (表面 / 内部)
- ・材料情報 (表面 / 内部)
- ・(ボクセル同士の)リンク情報
- ・ユーザー定義情報
- ・内部と外形の構造情報

FAVは2016年に富士ゼロックスと慶應義塾大学が共同で提案し、2019年にJISに登録された。



- 出力はメッシュベースのSTLのみ。色付けはできない。
- 使い勝手に改善の余地あり、ゼロからのデザインは大変。

# ボクセルベースデータフォーマットFAVの優位点

メッシュベース

## STL



2D画像のように3Dデータ・デザインツールが日常生活の一部となる。

ボクセルベース

## FAV & ボクセルによるデザインツール

FAVはメッシュベースの3Dデータフォーマットにおける多くの問題を解決することも可能。

### メッシュベース



- 色情報, 材料情報を保持できない
- ギャップやオーバーラップ等のエラーが起きる
- 複雑な内部構造の記述が困難
- 修正や合成が難しい
- シミュレーションとの連携が複雑
- 3D CADの学習, 習得が難しい
- 他の3Dデータフォーマットとの互換性が低い

### ボクセルベース (FAV)



- 色情報, 材料情報, リンク情報, ユーザー定義情報を保持可能
- 高いロバスト性
- 複雑な内部形状も記述可能
- 編集や合成が容易(ブーリアン演算容易)
- シミュレーションとの連携が容易(有限要素)
- 簡単な3Dデザインツールの構築が可能
- 各3Dデータフォーマットからのボクセル化は容易

- 誰もが自分に合った3Dモデルをデザインすることができ, 3Dプリンタでロングテール市場を獲得できる。
- 3Dデータへのアクセスが容易になり, プロジェクト型サプライチェーンが活性化する。



# 結論と提案

3Dプリンタで社会を変えるには、著作権や製造物責任に対する考え方も変えていく必要がある(学会誌解説記事参照)。

デジタル親和性が極めて高い3Dプリンタは、社会からのニーズや課題(変化)に素早く対応することが可能であり、多くの取り組みが行われている。

例：コロナ渦におけるPPEの供給，製造におけるプロトタイプングから大量生産への移行。

3Dプリンタは既存の製造方法の単純な代用であるべきではない。3Dプリンタの特性を生かすことで社会の仕組みを大きく変え、より豊かな人間生活を実現することができる。

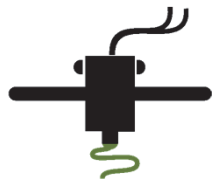
しかし、今の流れを変えるのは「常態」や「慣性」との戦いであり、乗り越えるべきハードルは高い。しかしこのハードルを乗り越えなければInnovativeな変化は起こらない。

変化する社会の課題を解決するためには、DfAMやDABoFのような新しい3Dデザイン思想・取り組みや、新しいサプライチェーン(プロジェクト型サプライチェーン)が必要である。

3Dデータの有効活用や新しいアプローチを推進するためには、既存のメッシュベース3Dデータフォーマットから、3Dモデルの情報が豊富で、設計や編集が容易なボクセルベースのデータフォーマットFAVに移行することが必要だと考える。

ボクセルによる3D表現は、自立型ロボット(例えばドローン)用地図等の3D空間情報への展開可能性がある。

当面、3Dプリンタやここで提案した新しいアプローチが、従来製造方法すべてに取って代わることはない。両方(2つの方向)を使いこなす柔軟性が必要である。



ご清聴ありがとうございました



inkcube.org

<https://www.inkcube.org>



<https://sig4dff.org>

